166963 e. 5.

Digitized by Google

600040687V

G. 67. K. 30.

E. BIBL. RADCL.

7
H. 4
22

166963

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Über
Wärme-Entwickelung
in der
lebenden Pflanze.

Ein Vortrag,

gehalten zu Wien am 18. September 1832 in der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte

von

H. R. Gœppert,

Dr. Med. et Chir., practischem Arzte, Professor der Medicin an der Universität und an der medicinisch-chirurgischen Lehranstalt zu Breslau, Secretair der naturwissenschaftlichen Section der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur, der k. k. Leopold. Akademie der Naturforscher zu Bonn wirklichem, der königl. Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Prag, der Akademie zu Erfurt und der botanischen Gesellschaft zu Regensburg correspondirendem, des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues in den königl. Preuſsischen Staaten, des norddeutschen Apotheker-Vereins und der naturforschenden Gesellschaft des Osterlandes Ehren-Mitgliede.

Wien.

Gedruckt und im Verlage bei Carl Gerold.

1832.

Digitized by Google

Digitized by Google

Den

hochverehrten Geschäftsführern

der

Versammlung der Naturforscher und Ärzte

zu Wien

Herrn

J. F. Freiherrn v. Jacquin,

k. k. n. ö. wirklichem Regierungsrathe, Professor der Chemie und Botanik, Doctor der Arzneikunde, Ritter des königl. Dänischen Dannebrog-Ordens, Ausschuſsrathe und Mitgliede der k. k. Landwirthschaftsgesellschaft in Wien, Mitgliede der königl. Preuſsischen Akademie zu Berlin u. m. a. auswärtigen Akademieen und Gesellschaften u. s. w.,

und Herrn

J. J. Littrow,

Director der k. k. Universitäts-Sternwarte und Professor der höheren Astronomie, Ritter des kaiserl. Russischen St. Annen-Ordens der zweiten Classe, Mitgliede der k. k. Landwirthschaftsgesellschaft in Wien, der königl. astronomischen Gesellschaft zu London, der Akademien der Wissenschaften zu Prag, St. Petersburg, Kasan, Krakau, Palermo u. s. w.

gewidmet

von dem

dankbar ergebenen Verfasser.

Digitized by Google

Digitized by Google

Über Wärme-Entwickelung in der lebenden Pflanze.

Einleitung.

Wärme-Entwickelung findet auſser bei Einwirkung des Sonnenlichtes und der Electricität, noch aus chemischen und mechanischen Ursachen Statt. Aus chemischen: bei Änderung des Aggregatzustandes der Stoffe, so wie bei der Verbindung derselben unter einander und Aufhebung dieser Verbindungen; aus mechanischen: bei Adhäsionserscheinungen und bei mechanischer Änderung der Dichtigkeit der Körper, wie durch Reiben, Stoſs oder Schlag. Unorganische Körper verlieren die auf irgend eine der eben erwähnten Weisen erworbene Wärme wieder durch Ausstrahlung und durch Mittheilung an die sie umgebenden Körper, so, daſs sie allmählig zur Temperatur derselben herabsinken. Die meisten organischen oder lebenden Körper hingegen besitzen die Fähigkeit, vermittelst der ihnen beiwohnenden Lebenskraft selbstständig Wärme zu erzeugen und sich so, wenigstens eine Zeitlang, gegen die Einwirkung der äuſseren Atmosphäre zu schützen.

Digitized by Google

Bei den Thieren findet über das wirkliche Vorhandenseyn dieses Vermögens kein Zweifel mehr Statt, nur ist es nach den Classen derselben sehr verschieden; bei den Vegetabilien aber ist es überhaupt noch nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen. Zahlreiche positive Versuche stehen hier negativen gegenüber, und wenn auch mehrere der ersteren aus verschiedenen inneren Gründen viel von ihrer Beweiskraft verloren haben, so ist die ganze Angelegenheit doch noch keinesweges dahin gediehen, daſs man sie so, wie es überhaupt in solchen Fällen möglich ist, als abgeschlossen betrachten könnte.

Die Ansichten der Naturforscher, welche sich für das Daseyn einer für unsere wärmemessenden Instrumente empfindbaren Wärme während des Vegetationsprocesses der Pflanze erklären, lassen sich am besten unter zwei Hauptabtheilungen bringen. Die Einen meinen, daſs die gesammten Pflanzen nicht nur fähig wären, eine eigene Temperatur zu erzeugen, sondern auch vermöchten solche unabhängig vor den Einflüssen der Atmosphäre zu bewahren. Unter diese gehören: *Hunter*, *Schöpf*, *Salomé*, *Hermbstädt*, *Hassenfratz*, *Slevogt*, *Vrolik*, *John*. Andere nehmen dieses Wärme-Erzeugungsvermögen nur in einzelnen Theilen der Vegetabilien und nur in gewissen Perioden ihrer Entwickelung, wie beim Blühen an, wie *Lamark*, *Sennebier*, *Desfontaines*, *Gmelin*, *Schweykert*, *Hubert* (*Bory St. Vincent*), *Th. v. Saussure*, *Schultz*, *Murray*. Die Vertheidiger der ersten Ansicht gründeten ihre Meinung auf die

Digitized by Google

allerdings sehr richtige Erfahrung, daſs einzelne Vegetabilien, wie die Bäume, zu Zeiten wärmer als die Atmosphäre wären, jedoch dürfte wohl durch *Nau's*, *Schübler's*, und wie ich meine, durch meine eigenen Versuche entschieden bewiesen seyn, daſs die Ursachen dieser Erscheinung nicht in einer eigenen Wärme-Erzeugungskraft, sondern nur in der geringen Wärmeleitungsfähigkeit der vegetabilischen Faser zu suchen ist.

Was die Anhänger der zweiten Ansicht betrifft, so stützten sie sich auf mehrere zum Theil mit grosser Umsicht angestellte Versuche, bei deren Wiederholung ich bisher nicht vermochte, ein ähnliches Resultat zu erhalten, so daſs ich mich veranlaſst fand, anzunehmen, daſs den Pflanzen als lebenden Wesen überhaupt Wärme-Erzeugungsvermögen nicht abzusprechen sey, diejenige Wärme aber, welche sich bei dem Nutritions- und Respirations-Processe entwickele, sich bei *einzelnen Individuen* nicht anzuhäufen vermöge, sondern beständig von der Atmosphäre hinweggeführt würde, und auf diese Weise sich unserer Beobachtung entzöge *). Jedoch nahm ich die nur eben abgebrochene Untersuchung abermals auf und glaube nun zu Resultaten gelangt zu seyn, die über diesen interessanten physiologischen Vorgang vielleicht neue und entscheidende Aufschlüsse zu geben im Stande sind.

---

*) Ueber die Wärme-Entwickelung in den Gewächsen u. s. w. Breslau, bei *Max* u. Comp. 1830.

a) Versuche mit Saamen.

Es verdient als höchst auffallend erwähnt zu werden, daſs keiner der früheren Vertheidiger der Wärme-Erzeugungsfähigkeit der Gewächse auf den Keimungsproceſs Rücksicht nahm, bei welchem sich doch eine ziemlich hohe, selbst ohne genaue Instrumente leicht bemerkbare Temperatur entwikkelt. Nur *Tiedemann* [1]), der den Gewächsen das Vermögen, freie Wärme zu entbinden, nicht ganz abspricht, legt hierauf einigen Werth, indem er sich auf *Thomson* beruft, welcher *(Système de Chimie, éd.* 5. *T.* 4. *p.* 344*)* bei dem Malzen der Gerste beobachtete, daſs, wenn sie nicht umgewendet wurde, in einer Nacht Würzelchen von 13 Millimeter Länge hervorwuchsen, wobei die Temperatur bis auf 38° C. stieg. Die älteren Naturforscher, wie *Baco* von *Verulam*, betrachteten das Keimen der Saamen gar als einen Anfang der Fäulniſs [2]), die späteren gefielen sich, es mit der weinigen Gährung zu vergleichen, wie *Digby* [3]), *Homberg* [4]), *Lemery* [5]), *Malpighi* [6]), *Wallerius* [7]), *Böhmer* [8]), *Sennebier* [9]); die Neuern sahen sich um so mehr

---

1) Die Physiologie des Menschen. I. Bd. 1830. S. 451 und 452.

2) Sylv. sylvar. Cent. VI. Germinationis initium nihil est, praeter seminum putrefactionem.

3) Dissert. de plantar. veget. p. 9.

4) Act. Acad. Paris 1703 et 1709.

5) Act. Acad. Paris 1717.

6) Ejusd. Opera posthuma. p. 102 — 104.

7) Tractat vom Ackerbau. c. 3. §. 6. p. 49 u. 52, und die Dissert. de origine oleorum in vegetabil. §. 6.

8) Ejusd. Comment. physic. botan. de plantar. semine. 1785. p. 405 et seq.

9) Physiol. veget. T. III.

Digitized by Google

veranlaſst, diesen physiologischen Vorgang in die Reihe der chemischen oder Gährungsprocesse zu verweisen, als sich hier wie bei vielen anderen künstlich veranlaſsten Vorgängen, Zucker vermittelst der Einwirkung des Klebers auf die Stärke bildete. So meint selbst *Kirchhof*[1]), daſs die Zuckerbildung beim Keimen ein chemischer und kein Vegetationsproceſs sey, weil dasselbe beim Übergiessen der Stärke mit heiſsem Wasser erfolge. Dieser Annahme entgegnet zwar *Einhof*[2]), daſs, wenn man unter Gährung eine *Entmischung* organischer Körper verstände, die erst nach dem Entweichen der Lebenskraft Statt fände, die Bildung des Zukkers beim Keimen unmöglich unter die Gährungsprocesse gerechnet werden könne; jedoch begnügte er sich mit dieser gelegentlichen Bemerkung, da die Erforschung dieser Verhältnisse ganz auſser dem Bereiche des eigentlichen Zweckes seiner Untersuchungen lag. Aus ähnlichen Gründen übergehen diesen Punct wahrscheinlich auch alle späteren Schriftsteller, wie *Vogel*, *Th. v. Saussure*, *Döbereiner*, *Proust* und Andere, die sich mit diesem, in technischer Hinsicht bekanntlich so wichtigen Gegenstande beschäftigten. Unsere bisher bekannten Erfahrungen über die Wärme-Entwikkelung beim Keimen beschränkten sich überhaupt nur auf die Getreidearten; ob es bei andern Saamen auch Statt finde, war noch unermittelt, und auch bei jenen hatte es noch Niemand unternom-

[1]) Ueber Zuckerbildung aus Stärkemehl durch Kleber. *Schweigger's* Journ. 14. Bd. S. 385.

[2]) Untersuchungen üb. die Kartoffeln. *Gehl.* n. Journ. S. 505.

Digitized by Google

men, den ganzen Vorgang in physiologischer Hinsicht näher zu untersuchen. Zunächst war daher mein Streben dahin gerichtet, dieser doppelten Aufgabe zu genügen. Das hiebei zu beobachtende Verfahren ist dem ganz ähnlich, welches in den Bierbrauereien bei dem Malzen des Getreides angewendet wird. Man weicht die Saamen in Wasser ein. Nachdem sie eine hinreichende Quantität hievon aufgenommen haben, entfernt man sie wieder aus demselben und schüttet sie in Haufen über einander, wo dann binnen kurzer Zeit der Keimungs- und mit ihm zugleich der Wärme-Entwickelungsproceſs beginnt. Je gröſser die Quantität der angewendeten Saamen ist, und je sorgfältiger man sie mit schlechten Wärmeleitern umgiebt, um die Entweichung der frei werdenden Wärme zu verhüten, desto höher steigt die Temperatur.

Gewöhnlich legte ich die Saamen in hölzerne tiefe Gefäſse, die ich mit einer Lage Werg von 2 — 3 Zoll Dicke umhüllte; das Thermometer wurde in die Mitte der Saamen gebracht. Mit der gröſsern oder geringern Höhe der Temperatur steht auch die Schnelligkeit der Entwickelung der Blattfederchen und der Würzelchen in gleichem Verhältnisse, unmittelbar darauf pflegt aber Schimmelbildung, und bei den sehr mehlreichen Saamen, wie bei den Getreidearten, Essiggährung einzutreten, wo dann die Keimkraft unwiederbringlich vernichtet ist. Mit stickstoffreichen Saamen von groſsem Volumen, die überhaupt, wie zum Beispiel Bohnen *(Phaseolus)* und Saubohnen *(Vic. Faba)*, längere Zeit (4 — 6 Tage) zum Keimen brauchen, gelingt

der Versuch nicht, indem ein Theil derselben noch vor Entfaltung des Keimes sehr bald in faule Gährung übergeht*). Dasselbe gilt von den viel Schleim enthaltenden Saamen, wie z. B. Flohsaamen *(Plantago arenaria)*, Leinsaamen, Quittenkörner, die beim Einweichen in Wasser in einen dicken Brei verwandelt werden, welcher noch vor Entwickelung des Keimens bald eine ähnliche Zersetzung erleidet. Es eignen sich also nur schnell und gleichzeitig keimende, möglichst frische Saamen zu diesen Untersuchungen, die auch übrigens am zweckmäſsigsten bei nicht zu hoher Temperatur der Atmosphäre angestellt werden, um die oben erwähnte, dann sich leicht einfindende Schimmelbildung zu verhüten. Die Temperatur der Saamen steigt ziemlich rasch und behält dann einen mittleren hohen Stand bei, der sich nach Beendigung des Keimens beim Eintreten der Schimmelbildung und sauren Gährung meistens noch um mehrere Grade erhebt und längere Zeit dauert, wenn man die Masse immer wieder aufs neue befeuchtet. Folgende mit Saamen aus der Reihe der Monokotyledonen angestellte Beobachtungen liefern den Belag zu dieser Behauptung:

---

*) 8 Pfund Bohnen *(Phaseolus)*, die bei einer Temperatur von 14° zwei Tage lang eingeweicht worden waren, schüttete ich am 26. April 1831 über einander. Am 27. begann die Keimentwickelung und die Temperaturerhöhung, die sich bis zum 1. Mai bis auf 40° steigerte, jedoch waren fast alle auf dem Boden des Gefäſses befindliche Saamen in faule Gährung übergegangen.

Digitized by Google

Zeit 1831.	Mittlere Temperatur der Stube.	Mittlere Temperatur des Waizens.	Mittlere Temperatur des Hafers.	Mittlere Temperatur des Mais.
23. April	12° R.	13° R.	13° R.	13° R.
24. »	11,1	18	17	15
25. »	10,8	20	20	16
26. »	10,5	20	20	17
27. »	8,6	20	20	18
28. »	9,6	23	22	18
29. »	11,7	23	22	19
30. »	12,8	23	22	17
1. Mai	13,4	24	24	17
2. »	12,0	24	25	17
3. »	12,4	24	25	16
4. »	14,4	25	26	16
5. »	13,1	28	28	16

Der zu vorstehendem Versuche verwendete Waizen war zwei Tage, der Hafer vier, und der Mais drei Tage lang (von jedem 3 Pf.) eingeweicht worden. Die Entwickelung des Keimes begann schon am 24. April und war in den beiden folgenden Tagen allgemein, am 28. zeigte sich sowohl im Waizen als im Hafer Schimmelbildung und saurer Geruch, Erscheinungen, die beim Mais erst am 5. Mai Statt fanden.

Dicotyledonen verhielten sich im Allgemeinen auf ähnliche Weise. Drei Pfund Erbsen durch 24 Stunden lang eingeweicht, wurden so wie 1 Pfund Hanf am 18. Mai hingestellt:

Digitized by Google

Zeit.	Mittlere Temperatur der Atmosphäre.	Mittlere Temperatur der Erbsen.	Mittlere Temperatur des Hanſes.
18. Mai	9°	14°	13°
19. »	10,7	17	18
20. »	13,6	20	19
21. »	15,2	21	19,5
22. »	15,5	23	20
23. »	15,5	24	23
24. »	14,5	25	24
25. »	14,3	25	22
26. »	14,7	25	22

Am 19. Mai begann in beiden schon die Entwickelung des Würzelchens, am folgenden Tage die des Blattfederchens, aber am 24. auch schon Schimmelbildung und Fäulniſs.

Die vorstehenden Saamen sind sämmtlich reich an Satzmehl, daher denn auch die bedeutende Menge Zucker, die sich während des Keimungsprocesses erzeugt. Es erschien jedoch für unsern Zweck auch wichtig, zu untersuchen, ob nicht auch andere Saamen, bei denen die Masse der dem jungen Pflänzchen zur Nahrung dienender Stoffe weniger groſs ist, ähnliche Erscheinungen beim Keimen darbieten dürften. Klee *(Trifolium repens)*, Rübs *(Brassica napus)*, Knörich *(Spergula arvensis)*, Karbe *(Carum carvi)* wurden hiezu gewählt, weil bei ihnen das Pflänzchen unmittelbar nach dem Hervortreten des Keimes die Saamen weit an Masse übertrifft und ſast nichts als die leere Hülle desselben zurückbleibt. Von Klee, Rübs und Karbe wurden 2 Pf.,

vom Knörich nur 1 Pfund 24 Stunden lang eingeweicht und dann über einander geschüttet:

Zeit 1831.	Temperatur der Atmosphäre.	Temperatur des Klees.	Temperatur des Knörich.	Temperatur des Rübs.	Temperatur der Karbe.
16. Mai	6,9	17,0	13,0	17,0	12,0
17. »	8,2	22,0	17,0	22	14,0
18. »	9,0	22,0	18,0	26,0	14,0
19. »	10,7	23,0	23,0	27,0	15,0
20. »	13,6	25,0	25,0	27,0	15,0
21. »	15,2	25,0	35,0	27,0	18,0
22. »	15,5	—	40,0	28,0	18,0
23. »	15,5	—	30,0	28,0	18,0
24. »	14,5	—	30,0	28,0	20,0
25. »	14,3	—	30,0	—	21,0
26. »	14,3	—	—	—	21,0

Der Klee und Rübs keimten schon am 17., so daſs die Pflänzchen des erstern am 18. fast 1 Zoll lang waren, der Knörich am 18., die Karbe erst am 21. Schimmelbildung, und Essiggährung trat zuerst beim Klee schon am 20., am 21. bei dem Knörich, am 24. beim Raps, am 26. erst bei der Karbe ein.

Da also diese Versuche zeigten, daſs die Masse der gährungsfähigen Bestandtheile, welche die Saamen enthalten, durchaus keinen Einfluſs auf die gröſsere oder geringere Wärme-Erzeugung ausübt, so schien hieraus schon hervorzugehen, wie wenig man berechtigt seyn konnte, zur Deutung dieses Vorganges nur an einen rein chemischen Proceſs zu denken; jedoch suchte ich noch auf andere Weise

durch Versuche mit gepulverten und durch Weingeist getödteten Saamen Entscheidung herbeizuführen.

Zwei Pfund Waizen wurden drei Tage lang mit Alkohol von 60° p. c. übergossen, dann aus dieser Flüssigkeit entfernt, mit Wasser wiederholentlich abgewaschen und 24 Stunden eingeweicht. Vom 12. bis 21. Mai zeigte sich eben so wenig Keim- und Wärme-Entwickelung als Zuckerbildung, am 22. erhitzten sich die Saamen bis 23°, und in dem nächstfolgenden Tage bis auf 33°. Essiggährung und Schimmelbildung, aber keine Zukkergährung traten ein. Versuche mit gepulvertem Waizen gaben ein ähnliches Resultat: Am 22. Juni 1832, Mittags 12 Uhr, wurden zwei Drachmen ganzer und eben so viel pulverisirter Waizen, jede dieser Quantitäten für sich, mit einer halben Unze Wasser von + 10° übergossen und bei 15° Temperatur der Atmosphäre ausgesetzt. In dem letzteren zeigte schon am andern Morgen die Röthung des Lakmuspapieres die anfangende Essiggährung, ohne daſs man vorher Zuckerbildung durch den Geschmack wahrzunehmen vermochte; während der ganze Waizen sich jene Quantität Wasser angeeignet hatte, und am folgenden Morgen das Würzelchen zu entwickeln und süſs zu werden begann. Als ich gröſsere Quantitäten, sowohl ganzen als gestoſsenen Waizens verwendete, bemerkte ich auch in der Art und Weise der Wärme-Entwickelung, wie auch hinsichtlich des Grades derselben, einen wesentlichen Unterschied, indem bei dem zerstoſsenen Waizen die Wärme-Entwicke-

lung erst beginnt, wenn die Reaction schon die eingetretene Essiggährung anzeigt und dann auch niemals jenen Wärmegrad erreicht, den ich bei dem lebenden oder keimenden Waizen beobachtete.

Ich war nun im Begriff, zu Schluſsfolgen überzugehen, als sich mir noch ein anderer Weg darbot, das eben Gewonnene gegen jeden Einwand sicher zu stellen. Eine interessante Entdeckung der neuesten Zeit lieferte mir hiezu willkommene Gelegenheit. *Th. v. Saussure* beobachtete nämlich, daſs die Saamen sehr vieler Pflanzen, wenn sie bis zu einem gewissen Puncte gekeimt haben, und dann getrocknet werden, später bei abermaliger Befeuchtung wieder keimen und nur mit Verlust des ersten Würzelchens, welches sich aber wieder erzeugt, weiter wachsen. Zwei Pfund Waizen, der bereits gekeimt hatte, so daſs das Blattfederchen und das Würzelchen die Länge des Saamens erreichten, wurden getrocknet und erst nach drei Wochen abermals befeuchtet und zusammengehäuft. Noch am Abend desselben Tages erhob sich die Temperatur desselben bei 13° der Atmosphäre auf 15, am andern Morgen, während der weiteren Entwickelung des Keimes, auf 20°, den folgenden 23 und bald auf 31, wo aber schon Schimmelbildung und Essiggährung eintraten. Bei diesen gekeimten und schon völlig süſs schmeckenden Saamen ist die Verwandlung des Satzmehles in Zucker, wo nicht völlig, doch gröſstentheils schon geschehen, folglich der Verbrennungsproceſs, welchen die Chemiker bisher vorzugsweise als Ursache der Temperaturerhöhung betrachteten, fast vollständig

vorüber, und demungeachtet wurde eine so bedeutende Menge Wärme bei dem Weiterschreiten des Vegetationsprocesses frei. Mit Recht glaube ich nun annehmen zu dürfen, daſs wenigstens die Zuckerbildung beim Keimen nur das Resultat des lebendigen, organischen Processes ist, folglich auch die hiebei statt findende Wärme-Entwickelung nur durch die Lebenskraft der Pflanze vermittelt wird.

b) Versuche mit Knollen.

Ein nicht minder reger Stoffwechsel, wie bei dem Keimen der Saamen, findet auch bei der Entwickelung oder dem Keimen der Knollen und Zwiebeln statt, indem auch hier ein Theil des Satzmehles in Zucker- oder Nahrungsstoff für die künftige Pflanze verwendet wird. Versuche mit einzelnen gröſseren Knollen, wie Kartoffeln, Rüben, in deren Substanz ich während des Ausschlagens Thermometer senkte, führten mich bisher zu keinem Resultate, da die verwundete Stelle um die Kugel des Thermometers entweder vertrocknete, oder wohl auch gar verfaulte; und man folglich auf diesem Wege über die Temperatur des Inneren keinen Aufschluſs zu erhalten vermochte. Ich schlug daher einen ähnlichen Weg wie bei den Saamen ein, und wählte kleinere Knollen, um sie auf einander zu häufen; zunächst 18 Loth Knöllchen aus den Dolden von *Allium sativum*, die eben im Begriff waren, das Blättchen zu entfalten.

Digitized by Google

Zeit. Juni 1831.			Temperatur der Atmosphäre.	Zwiebel-Knöllchen.
15.	Morgens	6 Uhr	14,9	16,0
—	Mittags	12 »	15,5	16,5
—	Abends	6 »	15,4	16,5
16.	Morgens	6 »	15,0	16,3
—	Mittags	12 »	16,0	16,8
—	Abends	6 »	16,0	17,0
17.	Morgens	6 »	15,9	16,9
—	Mittags	12 »	16,4	17,3
—	Abends	6 »	16,3	17,2
18.	Morgens	6 »	16,0	17,3
—	Mittags	12 »	16,3	17,4
—	Abends	6 »	16,0	17,3
19.	Morgens	6 »	15,8	17,8
—	Mittags	12 »	15,8	17,8
—	Abends	6 »	16,0	18,0
20.	Morgens	6 »	16,0	18,0
—	Mittags	12 »	16,5	18,2
—	Abends	6 »	16,5	18,2
21.	Morgens	6 »	16,0	17,6
—	Mittags	12 »	17,5	18,5
—	Abends	6 »	17,5	19,2
22.	Morgens	6 »	17,0	19,4
—	Mittags	12 »	17,6	19,7
—	Abends	6 »	17,5	19,8
23.	Morgens	6 »	17,2	19,9
—	Mittags	12 »	17,5	19,8
—	Abends	6 »	17,6	19,6
24.	Morgens	6 »	17,4	19,8
—	Mittags	12 »	17,5	19,9
—	Abends	6 »	17,6	20,0
25.	Morgens	6 »	17,5	20,2

Digitized by Google

Der Versuch ward nun geendiget. 2¼ Pfund keimende Knöllchen aus den Blattachseln von *Lilium tigrinum*, so wie auch keimende Kartoffeln von Haselnuſsgröſse lieferten ein ähnliches Resultat, in so fern auch hier beständig eine höhere Temperatur in ihnen statt fand, und die Differenz ebenfalls nur zwischen 1—2° schwankte. Versuche mit Erdmandeln, so wie mit Queckenwurzeln miſslangen, weil beide noch vor Entwickelung der Blätter in saure Gährung übergingen.

c) Versuche mit bereits entwickelten und im Wachsthum begriffenen Pflanzen.

Da nun die keimende Pflanze die Fähigkeit besitzt, eine höhere, selbst auf unsere Instrumente wirkende Temperatur zu erzeugen, so sollte man wohl auch voraussetzen dürfen, daſs auch in späteren Perioden dieselbe Erscheinung wahrgenommen werden könnte, und zwar um so mehr, als während des ganzen Lebens der Pflanze und in allen verschiedenen Epochen derselben beständiger Stoffwechsel, Verbindungen und Zersetzungen statt finden.

Eine Function des Gewächses tritt hier vorzüglich störend entgegen, nämlich die Ausdünstung, die anfänglich bei der keimenden Pflanze unbedeutend ist, späterhin aber bei Bildung der grünen Oberhaut immer mehr zunimmt, so daſs z. B. die Blätter der Laubholzarten nach *Schübler's* neuesten Untersuchungen im Sommer innerhalb 24 Stunden nahe an 50 p. Ct. oder die Hälfte des Gewichtes des Blattes ausdünsten. Bei dieser Wasserdampfbildung wird

Digitized by Google

entschieden ein groſser Theil der freien Wärme konsumirt, der etwa bei dem Respirationsprocesse erzeugt wurde, oder doch der etwaige Überschuſs alsobald durch die umgebende Atmosphäre hinweggeführt. Um also auch hier, demungeachtet auf dem Wege des Experimentes sich von dem wirklichen Freiwerden der Wärme zu überzeugen, glaubte ich auf ähnliche Weise wie mit den Saamen und Knollen experimentiren zu müssen. Pflanzen mit kleinen oder einander doch dicht deckenden Blättern wurden zusammengehäuft und mit schlechten Wärmeleitern umgeben; wobei ich jedoch sorgfältig beachtete, daſs das Leben der zu dem Experiment verwandten Gewächse nicht vernichtet ward, daher ich denn auch niemals ein Resultat für gesichert hielt, wenn nicht alle Gewächse nach Beendigung des Versuches wieder fort wuchsen, und somit entschieden bewiesen wurde, daſs nicht etwaigem beginnenden Gährungsprocesse die Erhöhung der Temperatur zuzuschreiben war. Da die Temperaturdifferenzen nur unbedeutend sind, fast niemals mehr als 1—2° betragen, so ist es ferner wesentlich nothwendig, eine Zeit zu wählen, in welcher ein ziemlich gleichmäſsiger Gang der Temperatur Statt findet, weil sonst die bekanntlich nur geringe Wärmeleitungsfähigkeit der Pflanzen leicht zu Irrthümern und Fehlschlüssen Veranlassung geben kann. Auch müssen die Pflanzen schon längere Zeit sich in der Atmosphäre befunden haben, in welcher das Experiment angestellt wird.

Gewöhnlich sinkt das Thermometer um einen halben oder ganzen Grad beim Beginnen des Expe-

Digitized by Google

rimentes, um sich aber dann bald wieder zu erheben. Hat es einmal eine die Temperatur der Atmosphäre übertreffende Höhe erreicht, so sinkt es gleichfalls, sobald man die die Pflanze umschliessenden, das Entweichen der Wärme verhindernden Hüllen entfernt. Ich benützte sowohl abgeschnittene Zweige wie ganze Pflanzen zu diesem Experimente; erstere wurden in ein Gefäſs mit Wasser gesetzt, jedoch nur so tief, als eben hinreichte, sie frisch zu erhalten.

a. Monokotyledonen.

Am 2. Juli wurden Morgens 8 Uhr eine Anzahl 3 Zoll langer Haferpflanzen mit Wurzel an Gewicht = 28 Loth über einander gehäuft.

Zeit.				Atmosphäre.	Hafer.
2. Juli.	9	Uhr	Morgens	+ 15,4	+ 16,6
—	12	»	Mittags	+ 15,6	+ 17,3
—	10	»	Abends	+ 15,4	+ 17,3
3. Juli.	6	»	Morgens	+ 15,2	+ 17,8
—	12	»	Mittags	+ 15,2	+ 17,8
—	10	»	Abends	+ 15,1	+ 18,0
4. Juli.	6	»	Morgens	+ 15,2	+ 18,3
—	12	»	Mittags	+ 15,4	+ 18,4

Das Experiment ward geendigt, die Haferpflanzen waren noch völlig gesund, und wuchsen weiter. 20 zusammengebundene Stämme von *Zea Mays*, desgleichen von *Cyperus esculentus*, zeigten gleichfalls beständig eine Temperatur, welche die der Atmosphäre um 1 — 1½ Grad übertraf.

Digitized by Google

b. Dikotyledonen.

Mit der Wurzel versehene blühende Pflanzen von *Hyoscyamus niger*, an Gewicht 1 Pf., verhielten sich folgender Maaſsen:

Zeit.				Atmosphäre.	Hyoscyamus.
6. Juli.	8	Uhr	Morgens	+ 15,2	+ 15,4
—	9	»	»	+ 15,3	+ 15,6
—	11	»	»	+ 16,0	+ 16,9
—	1	»	Mittags	+ 15,9	+ 17,3
—	4	»	Nachmit.	+ 15,8	+ 17,4
—	8	»	Abends	+ 15,6	+ 17,4
—	10	»	»	+ 15,6	+ 17,4
7. Juli.	6	»	Morgens	+ 15,6	+ 17,4
—	2	»	Mittags	+ 16,5	+ 17,6
—	10	»	Abends	+ 16,5	+ 17,6
8. Juli.	6	»	Morgens	+ 16,5	+ 17,6

Auch nach dem Verblühen zeigten sie noch eine Temperaturerhöhung von 1 Grad. Eine ähnliche Temperaturerhöhung von $1\frac{1}{2}$ bis 2° beobachtete ich bei 4 Pf. über einander gehäuftem *Sedum acre*, 1 Pf. zusammengebundenen Zweigen von *Pinus Abies*, *Eupatorium cannabinum*, blühendem *Solidago arguta*, ja selbst bei Früchten, wie bei den reifen Früchten von *Mespilus Cotoneaster*, und den grünen Bohnen (*Phaseolus vulgaris*), wie folgt:

Zeit.				Atmosphäre.	Bohnen (10 Pf.)
10. August.	6	Uhr	Morgens	+ 17,4	+ 19,2
—	2	»	Mittags	+ 17,6	+ 19,5
—	9	»	Abends	+ 15,6	+ 19,5
—	10	»	»	+ 15,4	+ 19,5
11. August.	6	»	Morgens	+ 16,1	+ 19,5

Digitized by Google

Am 20. Juni Morgens 8 Uhr bei + 16,5 wurde ein Pfund Pflänzchen von 1 *Zoll Länge* von *Spergula arvensis* über einander gehäuft. Schon nach einer Stunde war die Temperatur 1° höher, um 12 Uhr = + 22°, und Abends 6 Uhr = + 26°. Auch beim Keimen zeigten diese Saamen unter allen die höchste Temperatur. Ich glaube die Ursache dieser Erscheinung nur in der Zartheit der Pflänzchen suchen zu müssen, die einander gegenseitig decken, und somit wesentlich dazu beitragen, daſs die frei werdende Wärme nicht so schnell zu entweichen vermag.

Um die Entwickelung der Wärme beim Fortschreiten der Vegetation bei ein und derselben Pflanze zu beobachten, lieſs ich Erbsen, die beim Keimen bereits + 25° gezeigt hatten, bis zu 2 — 4 Zoll Länge weiter wachsen. 1 Pf. dieser Pflanzen wurde am 19. Juni Abends 10 Uhr über einander gelegt in einem Zimmer von + 16° Temperatur. Am andern Morgen zeigten sich folgende Temperaturen:

Zeit.	Atmosphäre.	Erbsen.
20. Juni. 6 Uhr Morgens	+ 16°	20,8
— 12 » Mittags	+ 16,6	21,8
— 6 » Abends	+ 16,5	21,8

Der Versuch ward geendiget, und die völlig wohl erhaltenen Erbsenpflanzen aufs neue bis zum 27. Juni Abends dem Wachsthume übergeben, wo sie eine Länge von 10 — 12 Zoll erreicht hatten. Sie wogen 24 Unzen, und jede einzelne Pflanze im Durchschnitt 1 Skrupel, so, daſs also das Ganze ungefähr 384 Exemplare enthalten mochte. Noch am

Digitized by Google

Abend desselben Tages wurden sie über einander gehäuft bei + 16°,5 der Atmosphäre, und am andern Morgen beobachtet:

Zeit.				Atmosphäre.	Erbsen.
28. Juni.	6	Uhr	Morgens	+ 16,5	17,5
—	12	»	Mittags	+ 16,5	18,3
—	6	»	Abends	+ 16,4	19,2
29. Juni.	6	»	Morgens	+ 16,4	19,4

Wenn ich nun mit Recht die hiebei wie bei dem Keimen der Saamen und Knollen frei werdende Wärme als das Product vieler kleinen sich aus den einzelnen Pflanzen entwickelnden Wärmetheilchen annehmen darf, so ergibt sich auch hieraus, warum man so selten bei den einzelnen Pflanzen vermittelst unserer wärmemessenden Instrumente freie Wärme zu bemerken vermag.

Dieſs ist bis jetzt fast nur bei den Arten der Gattung *Arum* beobachtet worden, und zwar in einem so hohen Grade, daſs dies Factum von Vielen, wozu ich selbst einst gehörte, fast bezweifelt ward; jedoch war ich so glücklich, im Laufe des jüngstvergangenen Sommers diese Erscheinung bei dem Drachen - Aronskraut, *Arum Dracunculus*, nicht nur zu beobachten, sondern auch viele der früheren von *Bory*, *St. Vincent* und *Hubert* angeführten Thatsachen durch eigene Erfahrung zu bestätigen. Die Blüthe dieser Pflanze gehört unter die gröſseren dieser Gattung. Die Länge derselben beträgt von der Basis bis an die Spitze der Scheide 16—18 P. Z. Die gröſste Breite der letzteren 6 bis 8 Z. Bald nach dem Aufblühen verbreitet sie einen

Digitized by Google

höchst unangenehmen Geruch, der, wie ich mich überzeugte, nicht aus der ganzen Oberfläche der Blüthe, sondern nur aus dem nackten oberen Theile des Kolbens sich entwickelt, und in so fern wenigstens mit der Wärme-Entwickelung in Verbindung zu stehen scheint, als mit dem Verschwinden desselben sich auch die höhere Temperatur vermindert.

Alle Theile der Blume sind wärmer als die Atmosphäre, am wärmsten aber die die Staubfäden und Stempel tragenden Kolben. Wenn sie in ein Glas eingeschlossen werden, so schlagen sich alsbald an den Wänden desselben Wasserdämpfe nieder. Der Hauptsitz aller Wärme-Entwickelung befindet sich in den Staubbeuteln, denn hier ist die höchste Temperatur, die von hier aus nach oben und unten gleichmäſsig abnimmt; ja die Staubgefäſse bleiben ferner selbst abgeschnitten länger warm, als andere sie an Volumen weit übertreffende Theile der Blüthe. Durch das Abschneiden der Blüthe ward allerdings die Temperatur vermindert, jedoch blieben sie noch 24 Stunden lang warm. Die einzelnen Blüthen zeigten hinsichtlich des Grades der Wärme wenig Unterschied; die wärmste war an den Staubbeuteln 27° bei 13° der Atmosphäre.

Ich hatte bis jetzt nur Gelegenheit, fünf Blüthen zu untersuchen, hoffe aber im künftigen Jahre das Lückenhafte dieser Beobachtungen nach verschiedenen Richtungen hin zu ergänzen.

Zu diesen Untersuchungen bediente ich mich Thermometer mit sehr kleinen Kugeln, welche in die Substanz des Kolbens selbst gebracht wurden.

Digitized by Google

Anderweitige Untersuchungen an andern staubfädenreichen Blüthen, wie bei den Cactus-Arten und *Malvaceen*, um auch hier Wärme zu entdecken, waren bisher fruchtlos: jedoch glaube ich aus allen bisherigen Untersuchungen den Schluſs ziehen zu dürfen, daſs unbestreitbar (und zwar in allen Perioden des Pflanzenlebens) vom Keimen bis zur Blüthenentwickelung freie, selbst für unsere wärmemessenden Instrumente bemerkbare Wärme sich entbindet, und sich die Pflanzen durch diese Eigenthümlichkeit, die, wie ich glaube, durch meine Versuche auſser Zweifel gesetzt ist, auch hierin als belebte Wesen der höheren Reihe der Organisationen den Thieren anschlieſsen, den Thieren, die auf ihren niedrigsten Stufen eine überraschende Ähnlichkeit hinsichtlich dieses physiologischen Vorganges zeigen.

Bei einzelnen Mollusken und Insecten beobachten wir keine freie Wärme, wohl aber, wenn sie in Haufen vereint sind, wie bei jenen keimenden und wachsenden Pflanzen; und wenn auch noch manche Lücken und Anomalien dem künftigen Forscher auszugleichen übrig bleiben, so dürfen wir wohl jetzt schon hoffen, hier bald jenes Gesetz bestätigt zu sehen, welches nachweist, daſs auch zwischen den scheinbar verschiedensten Organisationen die innigste Verwandtschaft statt findet, die sich durch unzählbare Mittelstufen nachweisen läſst.

Digitized by Google

Von demselben Verfasser erschien früher:

Über die Wärme-Entwickelung in den Gewächsen und die Erscheinungen beim Gefrieren derselben. Mit Tabellen und einer lithographirten Karte. Breslau 1830, bei *J. Max et Comp.*

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google